

# 东北三江流域夏季旱涝基本特征分析\*

姚秀萍                      董 敏

(北京气象学院, 北京 100081) (国家气候中心, 北京 100081)

## 提 要

用美国国家环境预报中心(NCEP)再分析的高空月平均资料以及中国范围内 160 个测站的月降水量资料,对夏季我国东北地区的降水进行分型并分析其环流形势.结果表明,我国东北三江地区夏季多雨年和少雨年的环流形势存在明显的差异,1998 年夏季属于典型的多雨年;鄂霍茨克海阻塞高压的出现和发展,是造成嫩江、松花江流域夏季降水异常偏多的主要原因;对流层低层水汽通量辐合加强,是东北地区降水的重要水汽条件;12 月份或冬季的极涡强度指数与次年 8 月份或夏季我国东北地区的降水存在密切的正相关,这种关系可以作为预测我国东北地区夏季持续强降水的一个信号.

关键词: 环流形势 阻塞高压 水汽通量散度 极涡 降水

## 引 言

我国地处亚欧大陆东侧,跨越宽广的纬度带,其特殊的地理位置决定了它是世界上气候变化最复杂的国家之一,夏半年暴雨洪涝灾害甚为频繁,从 50°N 的东北地区到 30°N 的长江流域地区以至华南地区均会受到暴雨洪水的袭击,造成严重的经济损失.对此,我国气象工作者进行了大量的研究<sup>[1-5]</sup>.

1998 年夏季,我国东北地区的嫩江、松花江流域出现了百年不遇的特大洪涝灾害,造成了严重的经济损失<sup>[1]</sup>.在正常年份,嫩江、松花江流域的全年降水量为 400 mm 左右,而 1998 年夏季嫩江、松花江流域降水量部分地区达 500~700 mm,较常年同期偏多 20%~100%,黑龙江省的干南县仅 8 月上旬的降水量就达到 300 多毫米.1998 年夏季东北地区降水的特点是雨季来得早,降水持续时间长,降水强度大,从而造成了重大汛情.

通常,东北地区 8 月降水量占整个夏季降水量的 40% 左右,占全年降水量的 25% 左右.本文试图通过对 8 月份东北地区降水的分型及其环流形势的分析,揭示 1998 年我国东北地区持续强降水过程产生的物理原因和动力机制.

## 1 资料及我国东北地区的降水分型

本文所用的资料是美国国家环境预报中心(NCEP)再分析的高空月平均资料,其时间跨度从 1958 年 1 月至 1998 年 8 月,空间层次为 1000 hPa 到 10 hPa,共 17 层,水平分

\* 本文由“98 洪涝的诊断和数值模拟”课题及中国气象局“九五”青年气象科学基金资助. 1999-10-13 收到,1999-12-21 收到修改稿.

分辨率为  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  的经纬度网格, 降水量资料为中国范围内的 160 个测站的月降水量, 其时间跨度为 1951 年 1 月至 1999 年 3 月。

为了分析东北地区的降水, 选择能代表东北地区特别是三江流域降水的嫩江(50557)、齐齐哈尔(50745)、佳木斯(50873)、哈尔滨(50953)和海伦(50756)5 个站, 根据 5 个测站的月降水量, 统计出 6、7、8 月以及夏季(6~8 月)5 站的平均降水量, 从而对东北地区的降水进行分型, 规定夏季 5 个测站的平均降水量大于 400 mm 且 8 月份的平均降水量超过 130 mm 的年份为多雨年; 5 个测站的平均降水量小于 270 mm 且 8 月份的平均降水量少于 90 mm 的年份为少雨年。这样自 1951 年至今, 多雨年有 9 个, 它们是 1951、1957、1961、1966、1969、1981、1985、1997 和 1998 年, 少雨年有 5 个, 它们分别是 1954、1970、1978、1979 和 1989 年。

## 2 对流层中高层环流形势及其高度距平场特征

### 2.1 8 月份 500 hPa 的环流形势特征

从 8 月份多雨年 500 hPa 的环流形势图(图略)上可以看出, 多雨年时我国东北地区极涡基本上为圆形, 极涡最内圈为 540 dagpm, 其主体略偏向西半球; 在中、高纬贝加尔湖的西北( $90^{\circ}\text{E}$ )和东南( $120^{\circ}\text{E}$ )方向分别有一槽线, 其中东南方向的槽线正好位于我国东北地区, 这有利于槽后的冷空气向我国东北地区扩展。而 8 月份 500 hPa 的 41 年平均环流形势图(图略)上的极涡强度较弱, 最内圈等高线为 544 dagpm, 贝加尔湖附近为一致的平直西风气流控制。

从 8 月份少雨年 500 hPa 的环流形势图(图略)上可以看出, 少雨年时东北地区极涡近似椭圆形, 极涡强度较多雨年时弱, 最内圈为 544 dagpm, 极涡中心较多雨年更偏向西半球; 副热带高压由多雨年的两个主体合并为一, 中、高纬贝加尔湖的西北方向( $90^{\circ}\text{E}$ )有一槽线, 而其东侧为一致的平直西风气流所控制, 受平直西风气流影响我国东北地区出现少雨的天气。

### 2.2 8 月份 500 hPa 高度距平场的分布特征

从 8 月份多雨年 500 hPa 距平场的分布(图 1a)上可以看出, 从贝加尔湖至我国东北地区为高度负距平区, 鄂霍茨克海和乌拉尔山附近为高度正距平区, 形成了从乌拉尔山到鄂霍茨克海的“+ - +”高度距平分布型, 我国东北地区处于负距平中心, 此时我国东北地区的高度场降低, 鄂霍茨克海和乌拉尔山阻塞高压的加强或出现持续发展, 有利于冷空气在我国东北地区的堆积, 出现多雨。

而从 8 月份少雨年 500 hPa 距平场的分布(图 1b)可以看出, 东半球高纬地区 500 hPa 高度距平大多为负距平分布, 表明在较高纬地区冷空气收缩; 负距平中心位于  $60^{\circ}\text{N}$  以北, 较多雨年的负距平中心偏北 15 个纬距, 由于负距平区从贝加尔湖以北扩展至鄂霍茨克海附近, 使得鄂霍茨克海的阻塞高压减弱或无持续性阻高, 而我国东北地区处于高度的正距平区。此时, 较为偏北的冷空气在西风带系统的作用下不易在我国东北地区形成堆积, 从而减少了我国东北地区的降水, 出现少雨年。

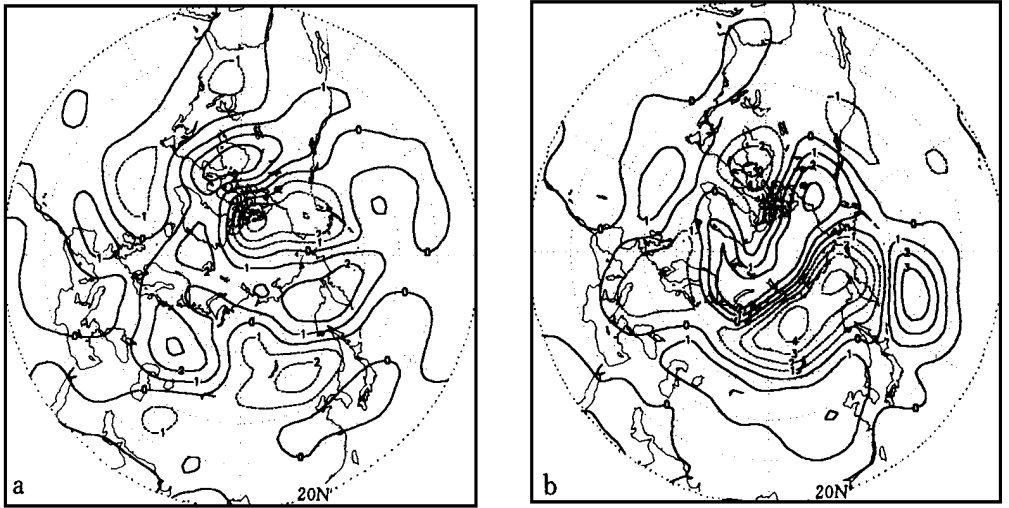


图 1 8 月份 500 hPa 距平场的分布(单位: dagpm)(a)多雨年(b)少雨年

### 2.3 1998 年 8 月 500 hPa 环流形势及其高度距平场的分布特征

1998 年 8 月 500 hPa 环流形势场(图略)与多年的形势相比,极涡强度加强,类似于多雨年情形,最内圈为 540 dagpm,其主体偏向东半球;副热带高压主体加强西伸,比较平直西风气流被波动较大的槽脊所代替;东亚上空为两槽一脊的环流型,贝加尔湖为阻塞高压所控制,其东西两侧分别有一槽线,其东南方向 120°E 附近为一槽区,槽底在 40°N 附近,此槽正好落在我国东北地区,有利于东北地区降水的形成和发展。

从 1998 年 8 月 500 hPa 高度场的距平图上(图 2)可以看出,我国东北地区处在高度场负距平区,高度下降,有利于东北低涡的形成和发展。与常年相比,冷空气的活动更加活跃。总之,1998 年 8 月 500 hPa 的环流形势与多年平均的环流形势存在较大的差别,而与多雨年的环流形势极其相似。

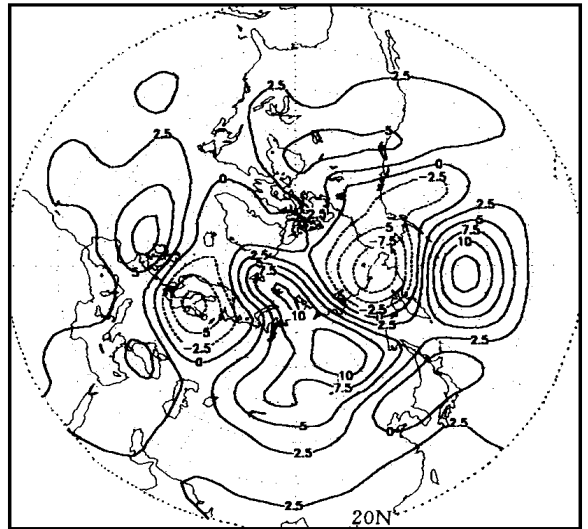


图 2 1998 年 8 月 500 hPa 高度距平场的分布 (单位: dagpm)

与 1954 年 8 月 500 hPa 的环流形势(图略)相比,可以发现,1954 年夏季鄂霍茨克海阻塞高压偏南,东北地区出现少雨,而 1998 年夏季鄂霍茨克海阻塞高压偏北,东北地区出现洪涝;这是由于当夏季鄂霍茨克海阻塞高压偏南时,其南侧的西风急流和副高均相应偏南,这就导致了我国江淮流域的多雨和东北地区的少雨甚至干旱,而

1998 年鄂霍茨克海阻塞高压偏北, 此时西风带急流亦偏北, 从而使得夏季东北地区出现洪涝. 因此, 鄂霍茨克海阻塞高压的位置与我国降水分布存在着相当密切的关系.

### 3 500 hPa 高度上纬向风的分布特点

8 月份 500 hPa 高度多年平均的纬向风(图略)在中高纬度为极锋急流区, 存在两个西风急流中心, 分别位于中太平洋(180°附近)和大西洋(30°W 附近)上空, 中心强度均达到 16 m/s 以上.

从 8 月份多雨年 500 hPa 纬向风的分布(图 3)上可以看出, 在中高纬的东亚至太平洋地区上空的西风急流区(120°E)附近有一西风急流核, 其中心风速达 12 m/s, 西风急流位于 40°~ 45°N, 松嫩平原在其北侧. 西风急流核的存在表明了这里是强锋区, 是冷暖空气对峙的地方, 有利于降水的增强. 而 8 月份少雨年 500 hPa 纬向风的分布图(图略)上, 中高纬度 120°E 附近的西风急流核已消失, 我国东北地区只处于西风急流区中, 说明西风急流核的消失不利于降水的增强.

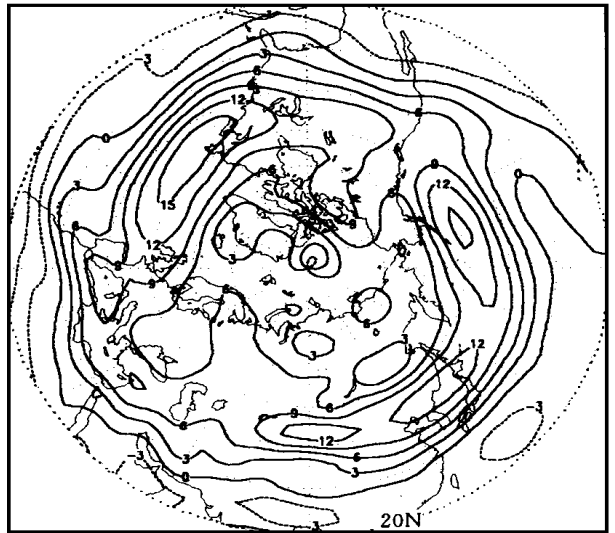


图 3 多雨年 8 月份 500 hPa 高度上纬向风的分布  
(单位: m/s)

1998 年 8 月纬向风的分布(图略)与多雨年平均纬向风的分布十分相似, 我国的东北地区和朝鲜一带处于中心风速达 14 m/s 的西风急流核附近, 西风最强, 东北以北的贝加尔湖东侧为东风, 松嫩平原在强锋区控制之下, 对我国东北地区的降水增强十分有利.

### 4 对流层低层散度场的分布特征

从 8 月份对流层低层 1000 hPa 高度 41 年散度平均场上可以看出(图略), 我国的东北地区处在散度的零等值线附近.

在 8 月份多雨年 1000 hPa 的散度场分布图(图略)上, 我国东北地区多雨年时处于负散度区, 中心散度值为  $-6.0 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ , 其四周为正散度区包围, 东北多雨年低层为强的辐合区, 低层的风场辐合有利于上升运动的加强, 其四周风场的辐散与中心风场的辐合所构成的垂直环流亦有利于辐合中心上升运动的加强; 而少雨年时(图略)正好相反, 我国东北地区处于正散度区内, 低层的散不利于上升运动的发展.

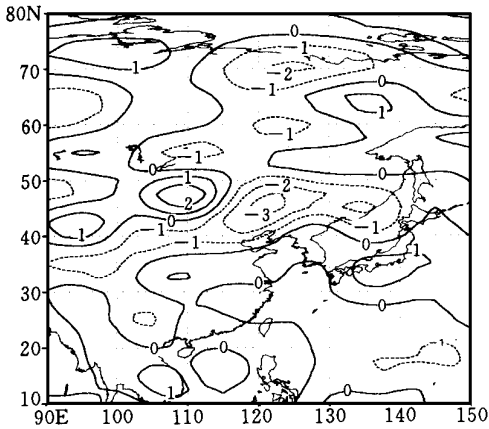


图4 多雨年8月份1000 hPa的散度距平场  
(单位:  $10^{-6} \text{ s}^{-1}$ )

从8月份多雨年1000 hPa散度距平场的分布(图4)可以看出,东北地区为散度场的负距平区,其中心值达到 $-3.0 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ ,可见多雨年东北地区的散度距平比常年偏小,出现低层辐合的加强;而少雨年东北地区的散度距平(图略)为正值,中心数值达到 $3.0 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ ,低层风场辐合作用减弱。可见,低层散度的加强对东北地区的降水增强十分有利。

1998年8月1000 hPa高度上东北地区的散度场分布(图略)属于典型的多雨年型,东北地区为负散度区,中心散度值达 $-7.0 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ ,东北地区也出现散度负距平,负距

平中心达到 $-4 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 。因此,低层辐合场的加强是造成东北地区松嫩平原降水增强的重要原因之一。

## 5 水汽条件的分布特征

从8月份多雨年对流层低层850 hPa的水汽通量散度的距平场分布图(图5)上,可以看出我国东北地区处在水汽通量散度距平负值区中,中心水汽通量散度值为 $-1.0 \times 10^{-11} \text{ g}/(\text{hPa} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-2})$ ,东北多雨年低层的水汽通量辐合加强;而少雨年东北地区的水汽通量散度距平(图略)为正值,低层水汽通量辐合作用减弱。

1998年8月850 hPa高度上东北地区的

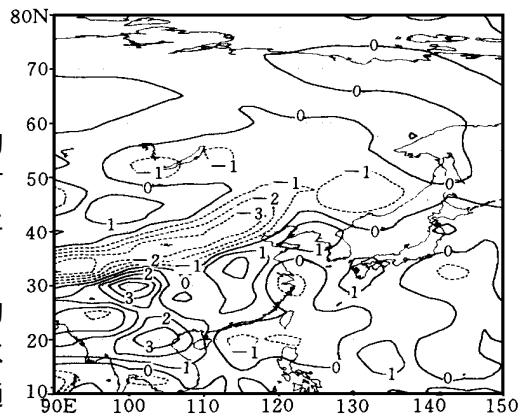


图5 多雨年8月份850 hPa的水汽通量散度距平场(单位:  $10^{-11} \text{ g}/(\text{hPa} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-2})$ )

水汽通量散度距平场的分布(图略)属于典型的多雨年型,东北地区处在水汽通量散度的负距平区,低层水汽通量辐合增强,因此,低层水汽通量辐合的加强是造成东北地区松嫩平原降水增强的重要的水汽条件。

## 6 前期极涡活动与我国东北夏季降水的关系

我国东北地区位于中高纬度地区,受高纬系统的影响较大,研究表明,我国东北地区的气温与100 hPa极涡存在密切关系<sup>[7]</sup>,在参考有关的极涡特征参量计算<sup>[8,9]</sup>和冬季100 hPa极涡活动特点<sup>[10]</sup>的基础上,我们用关键区( $65^{\circ} \sim 85^{\circ} \text{N}$ ,  $40^{\circ} \sim 80^{\circ} \text{E}$ )内100 hPa高度场的面积平均值,定义了表征极涡强度的极涡强度指数。研究表明,极涡强度指数越大则极涡强度越小。

计算极涡强度指数与我国 160 个站降水量的相关系数,发现 12 月份或冬季的极涡强度指数与次年 8 月份或夏季我国东北地区降水存在较好的相关(图 6)。从图 6 可以看出我国东北地区为相关系数正值区,12 月份的极涡强度指数与次年 8 月份我国东北地区降水存在明显的正相关,在东北地区最大相关系数超过 0.5,信度达 0.01;冬季的极涡强度指数与次年 8 月份或夏季我国东北地区降水也存在同样的相关(图略)。因此,可以认为 12 月份或冬季的极涡强度对次年 8 月份或夏季我国东北地区的降水预报有一定的指导意义,即当 12 月份或冬季的极涡强度指数增大时,极涡强度减弱,则次年夏季我国东北地区降水偏多。

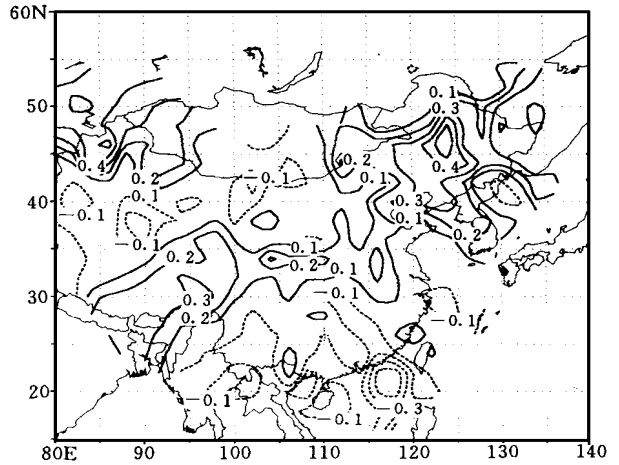


图 6 12 月份的极涡强度指数与次年 8 月份 160 站降水量场的相关系数(资料年代为 1958~1997 年,信度 0.05 的相关系数临界值为 0.311,信度 0.01 的相关系数临界值为 0.401)

## 7 小 结

通过对 8 月份东北地区降水的分型及其环流形势的分析,得到以下结论:

(1) 东北地区夏季多雨年和少雨年的环流形势存在明显的差异,1998 年夏季的环流形势与多雨年的十分相似。

(2) 8 月份多雨年 500 hPa 高度距平从乌拉尔山到鄂霍茨克海为“+ - +”分布型,鄂霍茨克海和乌拉尔山阻塞高压加强或持续发展,少雨年 500 hPa 鄂霍茨克海和乌拉尔山阻塞高压减弱或无持续性阻高;8 月份多雨年 500 hPa 高度场距平在鄂霍茨克海附近的高度场正距平区较少雨年时偏北 10 个纬距左右;多雨年 500 hPa 西风急流核处于我国东北地区,少雨年则偏东。

(3) 对流层低层水汽通量辐合的增强,是东北地区降水增强的重要水汽条件。

(4) 鄂霍茨克海阻塞高压出现和发展,是造成嫩江、松花江流域夏季降水异常偏多的主要原因。我国东北地区多雨年时从乌拉尔山到鄂霍茨克海为“+ - +”高度距平分布,鄂霍茨克海阻塞高压出现和发展,导致中高纬度西风分支,经向度加大,使得我国东北地区长时间遭受低槽和冷涡的影响,西风比常年偏强,是造成嫩江、松花江流域夏季降水异常偏多的主要原因。

(5) 当 12 月份或冬季的极涡强度指数增大时,极涡强度减弱,则次年我国东北地区降水增强。可以认为 12 月份或冬季的极涡强度对次年 8 月份或夏季我国东北地区的降水预报具有一定的指导意义。

## 参 考 文 献

- 1 中国气象局国家气候中心. 98 中国大洪水与气候异常. 北京: 气象出版社, 1998.
- 2 赵振国. 影响中国汛期洪涝的主要物理因素的初步研究. 气候预测评论, 1997, 107~ 125.
- 3 赵振国. 厄尔尼诺现象对北半球大气环流和中国降水的影响. 大气科学, 1996, 20(4): 422~ 428.
- 4 赵振国, 陈国珍, 刘海波, 等. 冬季青藏高原积雪对中国夏季降水的影响及季风—海温—雪盖—副高之间的可能联系. 气候通讯, 1998, (1): 48~ 52.
- 5 赵汉光, 张先恭. 东亚季风与我国夏季雨带的关系. 气象, 1996, 22(4): 8~ 12.
- 6 廖荃荪, 赵振国. 东亚阻塞形势与西太平洋副高的关系及其对我国夏季降水的影响. 长期天气预报论文集. 北京: 气象出版社, 1990. 125~ 135.
- 7 吉林省气象台. 100 hPa 极涡和南压高压的活动与东半区夏季低温的关系. 气象学报, 1981, 39(4): 483~ 492.
- 8 极涡和气温预报课题协作组. 北半球 500 hPa 极涡特征参量的计算与使用说明. 吉林省气象科学研究所报告, 1989, (2): 1~ 4.
- 9 张先恭, 魏凤英, 董敏. 北半球 500 百帕环极气流的气候振荡. 气象科学研究所院刊, 1986, 1(2): 149~ 157.
- 10 章基嘉, 葛玲. 中长期天气预报基础. 北京: 气象出版社, 1983. 19.

## RESEARCH ON THE FEATURES OF SUMMER RAINFALL IN NORTHEAST CHINA

Yao Xiuping

(*Beijing Meteorological College, Beijing 100081*)

Dong M in

(*National Climate Center, Beijing 100081*)

### Abstract

By using the monthly averaged upper-air reanalysis data of NCEP and the monthly precipitation data of 160 stations over China, analysis is made on the summer circulation and rainfall patterns in Northeast China. The results indicate that there exists obvious difference in circulation between wet and dry years in Northeast China in summer and the circulation pattern of the summer in 1998 was similar to that of the wet year. The development of the Okhotsk blocking high was the main reason of the heavy precipitation in the Songhuajiang River and the Nenjiang River basins. The enhancement of moisture flux convergence in lower layers of troposphere is a favorable condition for rainfall in Northeast China. It is also found that there exists closely positive correlation between the polar vortex intensity index in December or winter and the precipitation in Northwest China in the subsequent August or summer, which can be regarded as a signal for the precipitation in Northeast China.

**Key words:** Circulation pattern Blocking high Moisture flux divergence Polar vortex Precipitation